

1. A_g等を用いることができるが、なかでもPdを用いることが好ましい、これらの材質は通常用いる電流2.0 mAでの駆動電圧に拘り大きさを逸かず、Pdを用いた場合にはわざわざかかるが電子の駆動電圧をより低減させることができる。

(003.2)したがって、反射層はPdの上にAuを蒸着したP型用電極またはA_gの上にAuを蒸着したP型用電極であることがさらによく、Pd/A_g/Auからなる光の反射を兼ね備えたP型用電極であることが最も好ましい。

(003.3) (P型置換物系半導体層) 本発明用に用いられるP型置換物系半導体層の構成としては、一例式1n_{A1}G_{1-x}N_x(x+y+z=1, 0≤x≤1, 0≤y+z≤1)で表わされる置換物系半導体にP型のドーパントが注入されたものが用いられる。

ここで、P型のドーパントとしては、従来から公知の材料を用いることができ、たとえばMg、Zn、CdまたはB₂O₃等の1種類以上が用いられる。

(003.4) (発光層) 本発明用に用いられる発光層の材料としては、たとえば真空蒸着法、スパッタリング法、電解メタリック法またはこれらの方程式を組み合わせた方法等を用いることができる。

(004.0)

(実施例) 以下、実施例を用いて本発明をより詳細に説明するが、本発明はこれに限られるものではない。

(004.1) (実施例1) 図1に本発明の実施例1の置換物系半導体発光素子の概略構造を示す。本実施例の置換物系半導体発光素子は、電極を兼ねたNi_xからなる支持基板1上にP型用電極1が形成され、また本発明用に用いられる発光層は、MQW(多量子井戸)発光層または、たとえば一例式1n_{A1}G_{1-x}N_x、G_{1-y}N_y等とし、0≤x≤1, 0≤y≤1, 0≤y+z≤0.5で表わされる置換物系半導体が用いられる。

(004.2) (実施例2) 図2および図3を用いて、本実施例の置換物系半導体発光素子の製造方法について説明する。まず、1・程度わざかにオフしたS1(111)基板1.0を、有機溶剂さらには5%HF水溶液で1分洗浄した後、MOCVD装置内に導入し、水器(H₂)雰囲気の中で、約900°Cの高温でクリーニングを行なう。

(004.3) (製造方法) 本発明の置換物系半導体発光素子の製造方法は、S1基板を用意し、このS1基板上にn型置換物系半導体層、発光層およびP型置換物系半導体層を形成する工程と、P型置換物系半導体層上に反射層を形成し、この反射層上に支持基板を形成する工程と、上記支持基板を用いてウエハを反転させる工程と、上記S1基板を除する工程と、上記n型置換物系半導体層上方に凹凸を有する光取り出し面を形成する工程とを含んでいる。

(004.3.1) 供給技術においてはP型置換物系半導体層上方に凹凸が設けられ、しかしながら、本発明においては、S1基板上にn型置換物系半導体層、発光層およびP型置換物系半導体層をこの順で重層した後にP型置換物系半導体層に支持基板を設置してこれを用いてウエハ

を反転させ、その後S1基板を除去することによってn型置換物系半導体層上方に凹凸を有する光取り出し面を形成することができるようになした点に特徴がある。

(004.3.2) したがって、本発明の製造方法を用いて置換物系半導体発光素子を作製した場合には、上述したようにもn型置換物系半導体層を凹凸面の形成のため膜厚を厚く形成しても電子の駆動電圧を従来技術よりも大幅に低減することができ、また支持基板が電極の代わりも果たすため、発光素子の上下駆動構造を容易に作製することができるところから、発光素子のコンパクト化もより容易に図ることができる。

(004.3.3) (P型置換物系半導体層) 本発明用に用いられるP型置換物系半導体層の構成としては、一例式1n_{A1}G_{1-x}N_x(x+y+z=1, 0≤x≤1, 0≤y+z≤1)で表わされる置換物系半導体にP型のドーパントとして主にNを含むIII-V族置換物系半導体とともに、本発明の効果が同様に得られる。

(004.3.5) (P型置換物系半導体層) 本発明用に用いられるP型置換物系半導体層の構成としては、一例式1n_{A1}G_{1-x}N_x(x+y+z=1, 0≤x≤1, 0≤y+z≤1)で表わされる置換物系半導体にn型のドーパントが注入されたものが用いられる。

ここで、n型のドーパントとしては、従来から公知の材料を用いることができ、たとえばS1、O、C₁、S、CまたはB₂O₃等の1種類以上が用いられる。

(004.3.6) (製造方法) 本発明の置換物系半導体発光素子の製造方法は、S1基板を用意し、このS1基板上にn型置換物系半導体層、発光層およびP型置換物系半導体層を形成する工程と、P型置換物系半導体層上に反射層を形成する工程と、P型置換物系半導体層上に反転層を形成し、この反転層上に支持基板を形成する工程と、上記支持基板を用いてウエハを反転させる工程と、上記S1基板を除する工程と、上記n型置換物系半導体層上方に凹凸を有する光取り出し面を形成する工程とを含んでいる。

(004.3.7) 供給技術においてはP型置換物系半導体層上方に凹凸が設けられ、しかしながら、本発明においては、S1基板上にn型置換物系半導体層、発光層およびP型置換物系半導体層をこの順で重層した後にP型置換物系半導体層に支持基板を設置してこれを用いてウエハ

の順みのA1Nバッファ層1.1を成長させる。

(004.4) 次に、キャリアガスとしてH₂を1.0L/minの割合で装置内に通すとともに、支持基板1.1としてPdを5.5L/minの割合で、トリメチルガリウム(TMG)を2.0μmol/minの割合で、トリメチルガリウム(TMG)を2.0μmol/minの割合でそれぞれ装置内に導入して1.50nmの厚みのSドーピングを行なったA1.0_xGa_{0.5}N層1.1を成長させる。

(004.5) 次に、キャリアガスとしてH₂を1.0L/minの割合で装置内に導入し、A1.0_xGa_{0.5}N層1.1を成長させた後、A1.0_xGa_{0.5}N層1.1をH₂およびH₃により除ガスする。

(004.6) 次に、成長温度を910°Cに降温し、TMGを2.0μmol/minの割合で、トリメチルジンジウム(TMGI)を2.0μmol/minの割合で、N₂ドープ1n_{0.1}Ga_{0.9}N層1.2を成長させる。

(004.7) 次に、成長温度を910°Cに降温し、TMGを2.0μmol/minの厚みのSドーピングを行なった後、N₂ドープ1n_{0.1}Ga_{0.9}N層1.3を成長させる。

(004.8) 次に、基板温度を760°Cまで降温し、TMGを6.5μmol/min、TMGを2.8μmol/minに減らすことで、2.0nmの厚さのS1ドーピング1.6を成長させた。

(004.9) 次に、基板温度を760°Cまで降温し、TMGを1.1を形成し、N₂ドープ1n_{0.1}Ga_{0.9}N層1.4を成長させた後、N₂ドープ1n_{0.1}Ga_{0.9}N層1.5を成長させる。その後再び、850°Cまで昇温し、TMGを1.4μmol/minの割合で導入してGaN層1.5を成長させた。その後N₂ドープ1n_{0.1}Ga_{0.9}N層1.6を成長させる。ここで1n_{0.1}Ga_{0.9}N層1.6は、発光層1.5を成長させたことにより、バンド間発光の波長を紫から赤色まで発光させることができたが、本実施例では青色で発光するものとした。

(005.1) 上記発光層1.5の成長が終了した後、最後のN₂ドープ1n_{0.1}Ga_{0.9}N層1.7を用い温度を同じ温度で、TMGを1.1μmol/minの割合で成長させることにより、バンド間発光の波長を紫から赤色まで発光させることができたが、本実施例では青色で発光するものとした。

(005.2) 以下に、図2および図3を用いて、本実施例の置換物系半導体発光素子の製造方法について説明する。まず、1・程度わざかにオフしたS1(111)基板1.0を、有機溶剂さらには5%HF水溶液で1分洗浄した後、MOCVD装置内に導入し、水器(H₂)雰囲気の中で、約900°Cの高温でクリーニングを行なう。

(005.3) 次に、キャリアガスとしてH₂を1.0L/minの割合で装置内に通すとともに、P型用電極2.1上にP型用電極2.2が形成され、P型用電極2.2上にP型GaN層2.3、P型AlGaInNキャリアプロック層2.4、In_nG_{a1}Nからなる発光層2.5、Siドープ

1.1を成長させる。

(005.4) 上述のようにして置換物系半導体層の成長終了すると、TMGとC_PMgの供給を停止し、このウエハを至温まで冷却し、MOCVD装置より蒸着されたN₂を軽ねたNi_xをからなる支持基板2.1上にP型用電極2.2が形成され、P型用電極2.2上にP型GaN層2.3、P型AlGaInNキャリアプロック層2.4、In_nG_{a1}Nからなる発光層2.5、Siドープ

物系半導体発光素子の構造的な斜線図を示す。本実施形態は、N型GaNとAlNクラッド層3-8の上面にはSiO₂からなるマスク3-4が形成されており、選択的に成長されたn型GaNを取出し出し層3-9にピラミッド状の光取り出し面3-9aが形成されていることを特徴とする。

0061 本実施形態の窒化物半導体発光素子は、電極部半導体発光素子の構造的な斜線図を示す。本実施形態は、N型GaNとAlNクラッド層3-8の上面にはSiO₂からなるマスク3-4が形成され、P型用電極3-2上にP型GaNを形成層3-2が形成され、P型AlGaNキャリップロック層3-3、P型AlGaNキャリップロック層3-4、In_xGaN_{1-x}からなる発光層3-5、Siドープ型In_{0.03}GaN_{0.97}クラッド層3-6、SiドープIn_{0.03}GaN_{0.97}クラッド層3-7およびSiドープn型GaNを形成する。また、n型GaNクラッド層3-8が傾斜構造で、AlNクラッド層3-8の上面には成長工具をなすことで作

しただけの凹凸を有するn型GaN光取り出し面3 9が形成されている。n型GaN光取り出し面3 9の一部にn型N連続電極3 10、n型用ボンディング電極3 1 1が形成されている。さらに、n型GaNクラッド層3 8の上面にS1 O_xからなる、n型マスク3 1 4が形成されている。S1 O_xはS1 O_xからなるマスク3 1 4が形成されており、マスク3 1 4が形成されている。このn型GaN光取り出し面3 9にピラミッド状の光取り出し面3 9 aが形成されている。上述の一部にn型用の電極5 10、n型用ボンディング電極5 1 1が形成されている。

子の製造方法について説明する。まず、図8 (a) はS1基板20の(001)主面60と(111)フェッセル面61の関係を示した図であり、図8 (b) および図8 (c) はS1基板20を7.3°オフした(001)面、(111)フェッセル面61および(1-101)フェッセル面70を有した窒化物半導体膜の関係を示した断面図および概観図である。

【0068】この図8 (a) ～(c) に示すように、(001)主面60より(01-111)側のままでして、S1基板20を差し込むと、この面から仕切りの凹面が形成され、P型用基板42上にP型用GaN/Ni-Me-Meckelからなる支持基板41上にP型用GaN/Ni-Me-Meckelが形成され、P型用基板42上にP型用GaN/Ni-Me-Meckelが形成される。

ラッド面4 3、P型AlGaInNキャリアブロック層
44、InGa_{1-x}Al_xNからなる発光層45、Siドーピング層46、Siドーピング層47およびSiドーピング層48を有するAlGaInN複合半導体発光素子の構造を示す。本実施例は、図7に本発明の実施例5の窒化物系半導体発光素子の模式的な斜視図を示す。本実施例は、図6に本発明の実施例5の窒化物系半導体発光素子を示す。その他のは実施例1と同様である。

例の星形半導体発光素子においては、n型GaN光取り出し面59がアリズム状に形成されていることを特徴とする。【0066】本実施例の星形半導体発光素子は、電極52が形成され、P型用電極52上にP型用電極52からなる支持基板51上にP型GaNクレッド53、P型Al_{0.20}Ga_{0.75}In_{0.05}Nキャリアアブロック層54、発光層55およびSiドープn型GaN層58が順次積層されており、n型GaNクレッド層51の上面には再成長を行なうことで製作した凹凸を有するn型GaN光取り出し面59がアリズム状に形成されている。このn型GaN光取り出し面59の一部にn型電極51、n型用ボンディング電極51が形成されている。

【0067】以下に、本実施例の星形半導体発光素子の製造方法について説明する。まず、図8(a)はSi基板20の(001)正面60と(111)フェッセト面61の関係を示した図であり、図8(b)および図8(c)はSi基板20を7.3°オフした(001)面、(111)フェッセト面61および(1-101)フェッセト面70と有した星形半導体層の関係を表した断面図および概念図である。

【0068】この図8(a)～(c)に示すように、(001)正面60より(01-1)側のまわりで7.3°回転したSi基板20が右側は、この面から仕切した

[0070] そこで、図9(a)、図9(b)、図9(c)および図9(d)の間に、次期に溝上にのみ盛化物系半導体膜の結晶成長を形成させ、さらにはそれに連続膜の上にP型電極52およびN型電極51を支承基板として作製した後、S1基板20を除去することで、このS1基板20の(111)フェセット面61によって形成されたアリズム状の凹凸を有する光取り出し面を用いた本実施例の盛化物系半導体光発光素子を完成させることができること。

[0071] 以下、具体的に説明すると、まず、上記で説明したS1基板20を洗净し、その上に、スパッタもしくはCVDの技術を用い、図10(a)に示すようにS10マスク514を100nm堆積させる。その後、フォトリソグラフの技術を行なうことで、部分的にS10マスク514をストライプ状に除去する。さらにはそのウェハをバッファード・フッ酸などの酸エッチング等によって、図10(b)に示すように(111)フェセット面61をもつ溝を形成する。この溝は、S1基板20の[01-1]方向に延伸したストライプ状の溝である。ここで、S10マスク514の正面60と(111)フェセット面510とのなす角は約6.2°である。次に、図10(c)に示すように(111)フェセット面61上方にS10マスク514を形成する。

[0072] 次に、S1基板20のフェセット面61上にMOCVD(有機金属化学気相成長)法を用いて、以下の成長条件で盛化物半導体膜を成長させる。以下、具体的に説明する。

[0073] まず、上記で記したプロセスによって溝を形成したシリコン基板20をMOCVD装置内に導入し、H₂炉管気流の中で、約1100°Cの炉温でクリーニングを行なう。

[0074] 次に、キャリアガスとしてH₂を10L/h

minの割合で流しながら、800°CでNH₃をうち
minの割合で、TMAを1.0 μmol/minの割合
で、それぞれ装置内に導入して、図1 (a) に示す
ように約50 nmの厚みのAl-Nバッファ層1-20を成
さず、その後同じ温度で、TMAの供給を停止し、T
Gを約2.0 μmol/minの割合で、SiH₄、gasをす
べて0.05 μmol/minの割合でそれぞれ装置内に導入し、In
入りし、約3 μmの厚さのSiドープn型Ga_xAl_{1-x}
層5-8を成長させる。

[0075] 次に、TMA、TMI、TMGの供給を停止し、
そして、歪曲温度を760°Cまで昇温し、TMI 1
6.5 μmol/minの割合で、TMGを2.8 μ
mol/minの割合でそれぞれ装置内に導入し、In
Al_{0.5}Ga_{0.5}Nよりも3 nm程度の芦井層を成長する
その後及び、850°Cまで昇温し、TMGを1.4 μm
1/minの割合で装置内に導入しGaNよりなる層

を成長させる。同様に井戸型、障壁型の成長を示すように、4ペアからなる多段子井戸 (MQW) からなる発光層を成長させた。

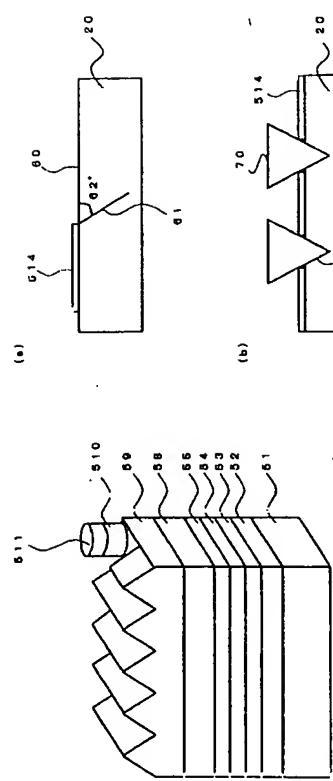
[0076] 上記発光層の成長が終了した後、最後の蒸留回と同時に T_{MG} を $1.1 \mu\text{m} / \text{min}$ の割合で、 T_{TM} を $1.1 \mu\text{m} / \text{min}$ の割合で、 C_{PMG} を $1.0 \text{ nmol} / \text{min}$ の割合で、 C_{PTM} を $1.0 \text{ nmol} / \text{min}$ の割合で、 MOCVD 装置より取り出します。その後、室温まで冷却し、MOCVD 装置より取り出します。

[0077] 上記成長条件を用いて S1 基板 20 上に製した結晶物半導体発光素子上に、電子ビーム (EB) 線録画装置を用いて、P 型電極 52 を 100 nm の膜厚で蒸着する。この P 型電極 52 上に、Ni メッキを $0.0 \mu\text{m}$ 施し、図 11 (d) に示すように半導体発光素子の支持基板 51 をした。

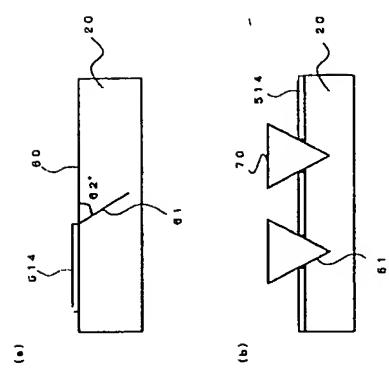
[0078] 引き続き、n 型 GaN ラッダ層 52 を 8 nm の膜厚で蒸着する。その後に光取り出し層 59 上に、部分的に電極を形成し、さらには、n 型-GaN 層 60 を行なうことで除去了し、目的とし、A1-Nバッファ層 10 および S1 基板界面付近の結晶性の低いを RIE レジスト用基板 51 をした。

[0079] 100 (8) 引き続き、n 型 GaN ラッダ層 52 を 8 nm の膜厚で蒸着する。その後に光取り出し層 59 上に、部分的に電極を形成し、べき形 1.0 オおよびポンディング電極 51-1 を形成する。上記電極 51-1 は MOCVD 装置で $3.00 \mu\text{m}$ 角度に分割する。上記電極 51-1 は本実験例においても、光の取り出し効率が高く取組む。

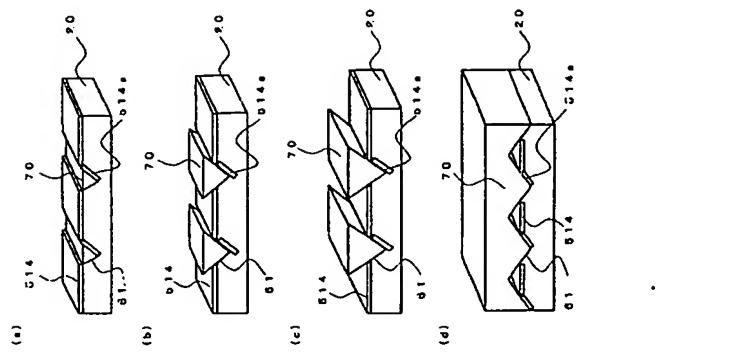
[図7]



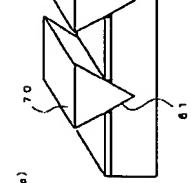
[図8]



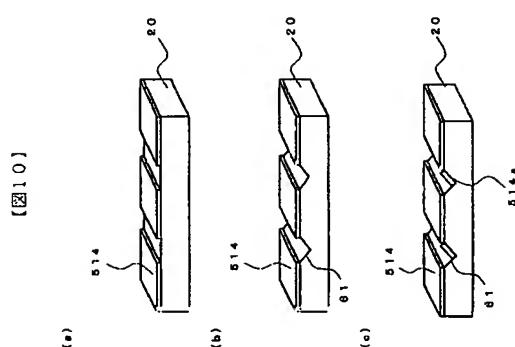
[図9]



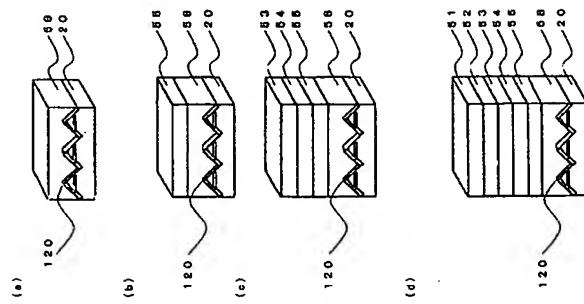
[図10]



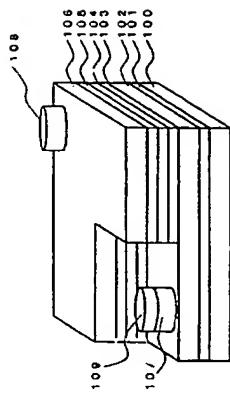
[図10]



[図11]



[図12]



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 麻祐子
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ヤード株式会社内
(73)発明者 木村 大児
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ヤード株式会社内

Fターム(参考) 5F041 AA03 AA24 CA05 CA23 CA33
CA34 CA40 CA65 CA74 CA82
CA92 CB15
5F045 AA04 AB09 AB14 AB17 AB18
AC01 AC09 AC12 AD11 AD12
AD13 AD14 AD15 AF03 AF04
AF05 CA11 DA52 HA04